

**EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE TOMATE DE ARBOL (*Cyphomandra betacea*  
(Cav.) Sendt FRENTE AL ATAQUE DE *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary**

**HAROLD ANDRES CHAÑAG MIRAMAG  
JESUS ALBERTO VIVEROS ROJAS**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA  
SAN JUAN DE PASTO  
2016**

**EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE TOMATE DE ARBOL (*Cyphomandra betacea*  
(Cav.) Sendt FRENTE AL ATAQUE DE *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary**

**HAROLD ANDRES CHAÑAG MIRAMAG  
JESUS ALBERTO VIVEROS ROJAS**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de  
Ingeniero Agrónomo**

**ASESORES**

**SANDRA LORENA ALVAREZ ORDOÑEZ M. Sc.  
HERNADO ARTEMIO CRIOLLO ESCOBAR, Ph.D**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA  
SAN JUAN DE PASTO**

**2016**

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

Las ideas y conclusiones aportadas en este Trabajo de Grado son Responsabilidad de los autores.

Artículo 1 del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado por el Honorable Concejo Directivo de la Universidad de Nariño.

“La Universidad de Nariño no se hace responsable de las opiniones o resultados obtenidos en el presente trabajo y para su publicación priman las normas sobre el derecho de autor”.

Artículo 13, Acuerdo N. 005 de 2010 emanado del Honorable Consejo Académico.

Nota de Aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, Febrero de 2016.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
RESUMEN .....	6
ABSTRACT .....	7
INTRODUCCIÓN .....	8
MATERIALES Y METODOS.....	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	14
Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC) .....	14
Eficiencia de Infección (EI).....	18
Tamaño de Lesión (TL).....	19
Tasa de Esporulación (TS). .....	21
Periodo de Incubación (PI).....	22
CONCLUSIONES .....	23
RECOMENDACIONES .....	23
BIBLIOGRAFIA .....	24
ANEXOS .....	29

## RESUMEN

El tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav.)Sendt) es una especie de frutal que se caracteriza por ser una alternativa productiva, de buena aceptación y alta demanda. Sin embargo, su producción se ha visto afectada por una enfermedad conocida como “gota o tizón tardío” causada por el oomycete *Phytophthora infestans*. Uno de los mecanismos ampliamente utilizado para el control del patógeno en campo es de tipo químico, no obstante existen alternativas como la resistencia genética, un método eficiente y sostenible para disminuir el impacto de la enfermedad. El objetivo de esta investigación fue evaluar 29 genotipos de tomate de árbol procedentes de los departamentos de Nariño y Putumayo (Colombia) frente al ataque de dos cepas de *P. infestans*, mediante pruebas de patogenicidad empleando la técnica *In leaf* analizando los parámetros: Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), eficiencia de infección, tamaño de lesión, tasa de esporulación y periodo de incubación. Al analizar los resultados obtenidos, se encontraron diferencias en el comportamiento de los genotipos evaluados frente al ataque del patógeno. Se destacó el genotipo G1 por presentar los valores más bajos para las variables AUDPC (15,554), eficiencia de infección (39%) y tamaño de lesión (6,38 cm<sup>2</sup>), lo que posiblemente se debe a la ausencia de una interacción genotipo – cepa, lo que permite clasificarlo como potencial de mejoramiento genético.

**Palabras clave:** *In leaf*, Oomycete, Patogenicidad, Tolerancia.

## ABSTRACT

Tree tomato (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt) is a species that is characterized as a productive alternative with good acceptance and high demand. However, the production has been affected by a disease known as "gota o tizon tardio" caused by the oomycete *Phytophthora infestans*. One mechanism most used to control the pathogen in field is the chemical kind but there are alternatives such as the genetic resistance a method more efficient and sustainable to reduce the impact of the disease. The objective of this research was to evaluate 29 genotypes of tree tomato from the departments of Nariño and Putumayo against the attack of two strains of *P. infestans* through pathogenicity tests using the technique *In leaf*. Analyzing the results, we found differences in the behavior of genotypes against pathogen attack. Stood out genotype G1 presented the lowest values for the variables AUDPC (15,554), efficiency of infection (39%) and lesion size (6.38 cm<sup>2</sup>), possibly due to the lack of interaction genotype - strain, allowing classified as potential breeding.

**Key words:** *In leaf*, Oomycete, Patogenicity, Tolerance.

## INTRODUCCIÓN

El tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt.), es un frutal representativo y originario de los Andes americanos, siendo una de las especies importantes para los agricultores, puesto que constituye como una alternativa productiva, buena aceptación y alta demanda por su contenido de vitaminas, agradable sabor, color y características del fruto con posibilidades de consumo fresco y potencial agroindustrial (Lobo, 2006; Lagos *et al*, 2012 ).

El tomate de árbol es un frutal de climas templados y fríos, se desarrolla bien en temperaturas entre 13° a 24°C, siendo la óptima entre 16° y 19°C. Esta planta se desarrolla en altitudes que varían de 1000 a 3000 m.s.n.m (Lagos *et al*, 2012).

En Colombia, la superficie cultivada de tomate de árbol alcanza aproximadamente las 8.107 hectáreas y un rendimiento promedio de 13 Ton/ha (AGRONET, 2014), siendo los departamentos de Antioquia, Huila, Nariño y Boyacá los principales productores. En los últimos años este cultivo se ha convertido en una fuente de ingreso para los agricultores nariñenses y su producción se concentra en la zona norte y sur del departamento, en los municipios de Cartago, La Unión, Buesaco, La Florida, Nariño, Pasto, Ipiales, Córdoba, San Juan, Funes, Potosí, Samaniego (Lagos *et al*, 2012).

En Nariño se reporta una área sembrada de 487 hectáreas con una producción de 2.844 toneladas y un rendimiento de 10 toneladas/hectárea con una diferencia de tres Ton/Ha con respecto al promedio nacional (AGRONET, 2014). Según el plan frutícola nacional, se proyectó un incremento en la superficie sembrada en el periodo 2006 – 2016 de 10000 hectáreas en Colombia y 1000 en Nariño (Tafur, 2006). Sin embargo, este incremento se ha visto afectado por la escasa oferta de híbridos o variedades mejoradas que suplan las necesidades del productor y ayuden a resolver los problemas fitosanitarios causados por patógenos como *Phytophthora infestans*, *Colletotrichum acutatum* y virus, entre otras, los



cuales afectan el rendimiento, la calidad del producto y reducen significativamente los ingresos del agricultor (Arturo *et al.*, 2003).

Dentro de los problemas más limitantes para el cultivo de las Solanaceas se encuentra el patógeno *Phytophthora infestans*, agente causal de la enfermedad conocida como tizón tardío o gota. Este patógeno muestra una gran agresividad en el cultivo del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum*) y papa (*Solanum tuberosum*), destruyendo el follaje, los tallos, el fruto o el tubérculo (en el caso de la papa), en cualquier momento de desarrollo de la planta y hasta el almacenamiento (Marín y Mira, 1998). En Colombia se reporta que las pérdidas pueden alcanzar hasta un 100%, debido a la severidad e intensidad del problema cuando el patógeno encuentra condiciones favorables para el desarrollo tales como: clima frío, con lluvia, humedad relativa sobre el 75% y temperaturas de 7 a 21°C (Saldarriaga *et al.*, 1997).

Además de los problemas fitosanitarios, el cultivo de tomate no cuenta con un riguroso manejo técnico, debido a que en generalmente la siembra no se realiza con material certificado. La eficiencia productiva y la competitividad de estas especies dependen de la constitución de colecciones de los taxa cultivados y especies relacionadas que hacen posible la búsqueda o desarrollo de variedades resistentes o tolerantes, proporcionando un mecanismo natural de supresión total o parcial de la enfermedad por la presencia de ciertos genes presentes en la planta (Lobo, 2006).

Teniendo en cuenta lo anterior este estudio se centró en la evaluación de 29 genotipos de tomate de árbol de la colección del Grupo de Investigación en Producción de Frutales Andinos frente al ataque de *Phytophthora infestans* con el fin de determinar niveles de tolerancia y de esta manera identificar materiales posiblemente tolerantes al ataque del patógeno y así contribuir con los programas de mejoramiento genético de la especie y ofrecer a los agricultores de una nueva alternativa de producción del cultivo.

## MATERIALES Y METODOS

**Localización.** El presente trabajo se desarrolló en el laboratorio de Microbiología y Genética a cargo del grupo de investigación Genética y Evolución de Organismos Tropicales (GENPAT), en la Universidad de Nariño sede Torobajo, ubicado a 2.600 msnm con una temperatura promedio de 18°C.

**Material Vegetal.** Los genotipos de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) hacen parte de la colección de trabajo del Grupo de Investigación en Producción de Frutales Andinos de la Universidad de Nariño. Se utilizaron un total de 29 genotipos provenientes de las zonas productoras de Nariño (Tabla. 1), con diferentes características como variabilidad en tipo, calidad de fruto, respuesta a enfermedades y capacidad de carga (Valencia *et al.*, 2011).

**Tabla 1.** Lista de genotipos evaluados

Código	Nomenclatura	Municipio	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
G1	CB con 34	Contadero	00°54'32.8"	77°31'50.6"	2475
G2	CB sj 35	San Juan	00°53'14"	77°33'23.8"	2550
G3	CB sf 206	San Francisco	1° 10 ' 10,69"	76° 53 ' 06,92"	2179
G4	CB st 200	Santiago	1° 07 ' 08,29"	77° 04 ' 30,53"	2150
G5	CB be 116	Belén			2162
G6	CB con 33	Contadero	00°54'32.8"	77°31'50.6"	2475
G7	CB u 82	La Unión			1650
G8	CB p 25	Pasto	1°14'14.9"	77°16'21.2"	2527
G9	CBsj37	San Juan	00°52'21.5"	77°33'23.9"	2900
G10	CB p 183	Pasto	1° 19 ' 09"	77° 19 ' 43,4"	2527
G11	CB b 06	Buesaco	1°19'41"	77°09'1.3"	2350
G12	CB tb 198	El Tambo	1° 26 ' 52,9"	77° 24 ' 36,1"	2250
G13	CB t 162	Tangua	1° 10 ' 02,7"	77° 27 ' 08,7"	2403
G14	CBi72	Ipiales	00° 53 ' 52,0"	77° 32 ' 34,9"	2898
G15	CB c 15	Cartago	1°31'1.2"	77°05'46.6"	2320
G16	CB be 113	Belén			2162
G17	CB im 158	Imués	1° 03 ' 48,4"	77° 28 ' 2,4"	2440
G18	CB I 80	Ipiales	00° 53 ' 52,0"	77° 32 ' 34,9"	2898
G19	CB li 214	Linares			1705
G20	CB l 81	Ipiales	00° 53 ' 52,0"	77° 32 ' 34,9"	2898
G21	CB c 93	Cartago			2310

G22	CB b 08	Buesaco	1°22'16.2"	77°09'33.3"	2000
G23	CB c 12	Cartago	1°30'29.51"	77°06'40.15"	2315
G24	CB u 65	La Unión			1700
G25	CBcsa148	Consacá	1° 13 ' 777"	77° 29 ' 345"	2750
G26	CB u 305	La Unión			1700
G27	CB fl 193	La Florida	1° 21 ' 49,5"	77° 19 ' 48.5"	2240
G28	CB c 16	Cartago	1°32'18"	77°08'31.6"	2320
G29	CBi179	Ipiales	00° 53 ' 52,0"	77° 32 ' 34.9"	2898

**Aislamientos de *Phytophthora infestans*.** Como se mencionó anteriormente las cepas utilizadas en esta investigación hacen parte de la colección de *P. infestans* a cargo del grupo de investigación Genética y Evolución de Organismos Tropicales - GENPAT de la Universidad de Nariño; estas cepas fueron colectadas en el año 2009 en cultivos de *C. betacea* y son mantenidas en agar tomate-arveja a 18°C (Tabla. 2).

Tabla 2. Información de las cepas de *Phytophthora infestans*

Código	Cultivar	Año Colecta	Procedencia
N9035	Común	2009	Buesaco
P9153	Común	2009	Sibundoy

Estas cepas fueron seleccionadas teniendo en cuenta el nivel de patogenicidad reportado por GENPAT (2011) en el informe Caracterización Genética y Fenotípica de las poblaciones de las poblaciones de *Phytophthora infestans* procedentes de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) en las zonas productoras de Nariño.

**Inoculación en hoja desprendida (*In leaf*).** La metodología consistió en utilizar hojas provenientes de una planta de tomate de árbol, las plantas presentaban aproximadamente 5 a 7 meses de edad, provenientes de semilla sexual. Los cuales fueron evaluados frente a dos cepas de *Phytophthora infestans*. La inoculación de las hojas se realizó siguiendo la metodología propuesta por Carlisle et al. (2002). Inicialmente se preparó una solución de  $4.5 \times 10^5$  esporangios/ml a partir de cultivos de 15 días de crecimiento (agar arveja), la suspensión de esporangios se dejó tres horas en nevera a una temperatura de 4°C antes de inocular con 25µl el material vegetal en cuatro puntos. Las hojas se mantuvieron en cámaras húmedas con el fin de mantener las condiciones apropiadas para la inoculación.

A partir del tercer día de inoculación se realizó un registro fotográfico de la infección para cada hoja durante 10 días, en cada uno de los ensayos se calculó el área de infección empleando el programa Image J 1.45s (Wayne Rasband, National Institutes of Health, USA).

**Diseño experimental.** El diseño experimental empleado en esta investigación fue un Diseño de Bloques al Azar (BCA). Con un total de 58 tratamientos correspondientes a los genotipos. Cada tratamiento se realizó por separado para dos cepas de *Phytophthora infestans*, identificadas como N9035 y P9153. Cada tratamiento se realizó por triplicado y tres veces en el tiempo para un total de nueve réplicas por ensayo.

### **Variables**

Tamaño de la lesión (TL). El tamaño de la lesión se calculó a partir de los registros fotográficos para cada punto de inoculación. El valor de la lesión utilizado para el análisis estadístico fue la medida al último día de evaluación (Chacón et al., 2007)

Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC). Para cada genotipo se calculó el Área Bajo la Curva de Progreso de la enfermedad - AUDPC (Shaner y Finney, 1977), expresada como:

$$AUDPC = \sum_{i=1}^n ((X_{i+1} + X_i)/2)(t_{i+1} - t_i)$$

Donde,

$X_i$ = Área de tejido afectado en la observación  $i$

$t_i$ = tiempo en días en la observación  $i$

$n$ = número de observaciones

Eficiencia de infección (EI). Se define como la proporción de sitios inoculados que desarrollaron la lesión en todas las réplicas por aislamiento (Lebrenton et al., 1999).

Teniendo en cuenta la escala propuesta por López y colaboradores (1997) los genotipos presentan tres tipos de respuestas diferentes: reacción positiva (necrosis múltiple acompañada por la esporulación del patógeno), reacción negativa (no presenta lesión ni necrosis) y reacción de hipersensibilidad (formación de pequeñas manchas o puntos negros con un halo clorótico) (Fig. 1).



**Figura 1.** Reacciones de *Cyphomandra betacea* frente al ataque de *Phytophthora infestans*. a. Reacción positiva, b. Reacción negativa, c. Reacción de hipersensibilidad. (Fuente: esta investigación)

Tasa de esporulación (TS). Definida como el total de esporangios por el área de la lesión al último día de evaluación (Carlisle et al., 2002; Lebreton et al., 1999).

Periodo de incubación (PI). Se calculó como el número promedio de días que han transcurrido desde la inoculación hasta el primer día que aparecen los síntomas de la enfermedad en cada sitio inoculado (Chacón et al., 2007).

**Análisis estadístico.** Con los datos obtenidos para cada una de las variables evaluadas se elaboraron tablas de contingencia las cuales fueron analizadas estadísticamente por medio de un análisis de varianza (ANDEVA) y la prueba de comparación de medias LSD de Fisher.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evaluaron 29 genotipos frente a las cepas N9035 y P9153. El análisis estadístico no mostró diferencias significativas para los genotipos inoculados con la cepa P9153, por el contrario genotipos que fueron inoculados con la cepa N9035 presentaron diferencias significativas para las variables Área bajo la curva de progreso de la enfermedad, Eficiencia de Infección y Tamaño de Lesión.

### Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC)

Se encontró que existen diferencias significativas ( $p$ -valor $<0.05$ ) en el análisis del crecimiento del patógeno a través del tiempo en los diferentes genotipos (Tabla 4). La prueba de comparación de medias LSD de Fisher mostró que el genotipo G1 difiere significativamente de los demás (Tabla 3) presentando el valor más bajo de AUDPC (15,554), al ser el genotipo menos afectado por la enfermedad y siendo identificado posiblemente como tolerante, esto se debe probablemente a que las plantas poseen mecanismos inducidos de defensa también conocidos como resistencia inducida que se activan solamente como una respuesta al ataque de un patógeno (Colligne *et al.* 1994).

La resistencia inducida es un mecanismo activo de defensa que involucra cambios claros en el metabolismo provocados por la expresión de genes. Por lo tanto para que ocurra la inducción de la defensa es necesaria la mediación de sistemas de reconocimiento específico, mediante los cuales la planta reconoce la presencia del patógeno (Hutchenson, 1998). Por otra parte los genotipos G7, G10 y G18 presentaron los valores más altos (47,817, 48,277 y 58,624, respectivamente) los cuales reflejan un elevado crecimiento del patógeno en un corto periodo de tiempo (Fig.2), este comportamiento se debe probablemente a la capacidad que tiene una planta de servir como hospedante y de su reacción frente al patógeno lo cual depende de su constitución genética y la interacción entre el patógeno y los tejidos de la planta (Niks y Linfhout, 2004). Además de que se pudo presentar una interacción planta-patógeno compatible (hospedante susceptible, patógeno virulento) donde el reconocimiento por parte de la planta no se lleva a cabo, la respuesta de defensa no es activada y la enfermedad se establece (De Wit, 1997).

Jaramillo (2003) resalta que los valores del área bajo de la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC) son útiles para estimar el nivel de susceptibilidad, debido a que la gota es una enfermedad policíclica y el Centro Internacional de la Papa - CIP recomienda el uso de AUDPC para sintetizar las lecturas de la enfermedad de una manera más simple y clara (Fry, 1978).

El uso de estos parámetros para diferenciar la resistencia en diferentes accesiones ha sido muy común en papa (Carlisle et al., 2002; Grunwald y Flier, 2005; Chacón et al., 2007) y otros hospederos como tomate de mesa (Suassuna et al., 2004) considerándose en todos los casos una buena aproximación para detectar resistencia. Esto hace de la técnica de infección sobre tejido vivo un medio confiable para el estudio del comportamiento tanto del oomiceto como de la planta (Diaz et al., 2003). Por esta razón este tipo de investigaciones se constituyen como una importante fuente de información para la obtención de material vegetal con potencial productivo y cierto grado de tolerancia a enfermedades (Portilla y Salas, 2007).

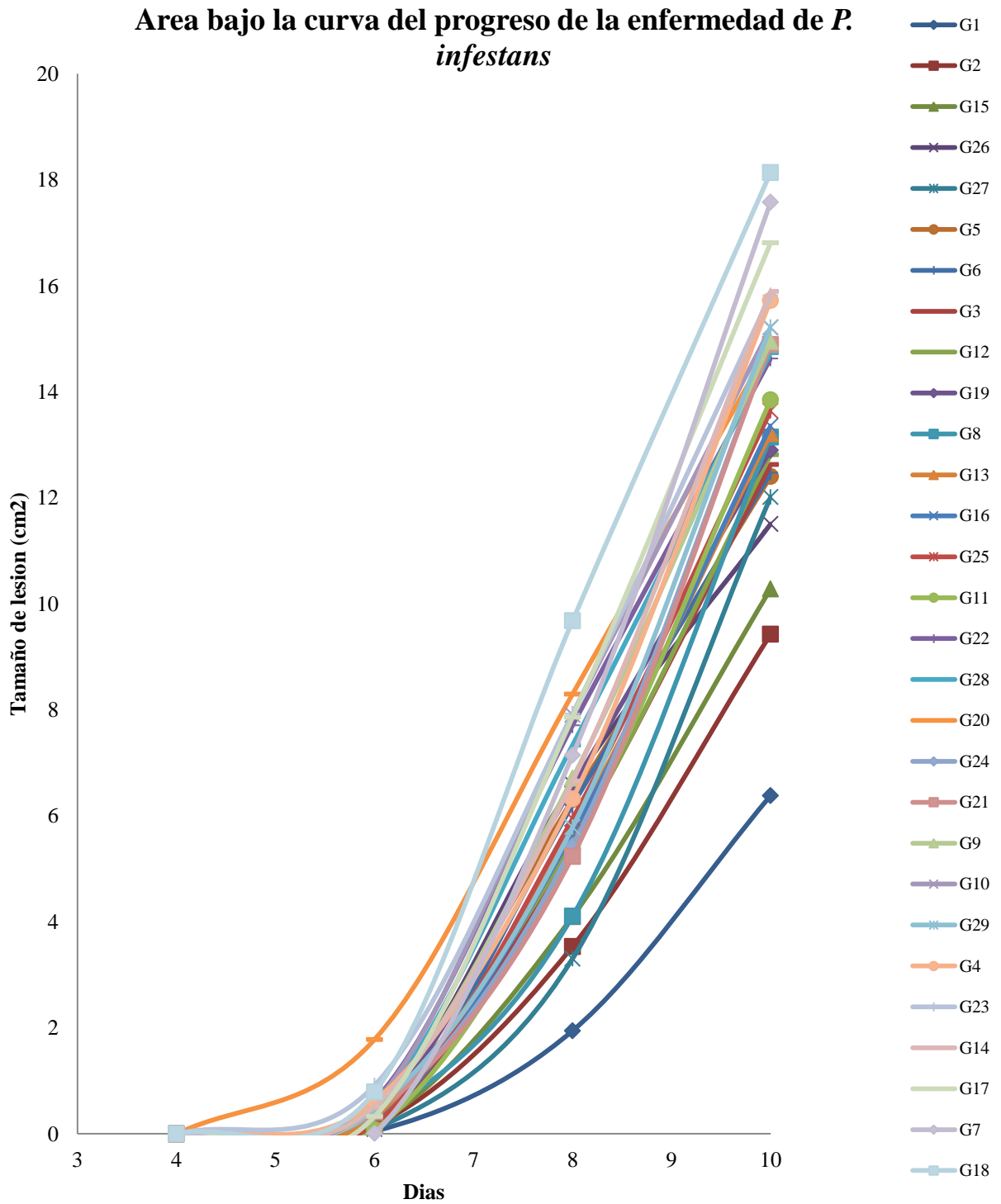
**Tabla 3.** Prueba de significancia de medias LSD de Fisher para AUDPC. (Datos transformados según la fórmula  $y = \log X$ )

<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Genotipo</b>	<b>Agrupamiento</b>
<b>1.6845</b>	3	G7	A
<b>1.5233</b>	3	G18	A B
<b>1.5198</b>	3	G10	A B
<b>1.5166</b>	3	G29	A B
<b>1.5030</b>	3	G17	A B
<b>1.4964</b>	3	G14	A B
<b>1.4895</b>	3	G22	A B
<b>1.4813</b>	3	G20	A B
<b>1.4805</b>	3	G23	A B
<b>1.4609</b>	3	G28	A B C
<b>1.4425</b>	3	G13	A B C
<b>1.4342</b>	3	G9	A B C
<b>1.4187</b>	3	G21	B C
<b>1.4137</b>	3	G19	B C
<b>1.4132</b>	3	G4	B C
<b>1.3853</b>	3	G24	B C

<b>1.3846</b>	3	G16	B	C
<b>1.3835</b>	3	G16	B	C
<b>1.3644</b>	3	G15	B	C
<b>1.3615</b>	3	G3	B	C
<b>1.3533</b>	3	G6	B	C
<b>1.3516</b>	3	G12	B	C
<b>1.3418</b>	3	G11	B	C
<b>1.3417</b>	3	G25	B	C
<b>1.3169</b>	3	G5	B	C
<b>1.2163</b>	3	G8		C
<b>1.2112</b>	3	G27		C
<b>1.2105</b>	3	G2		C
<b>0.8749</b>	3	G1		D

Valores promedios seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa (Significancia al 0.05%)





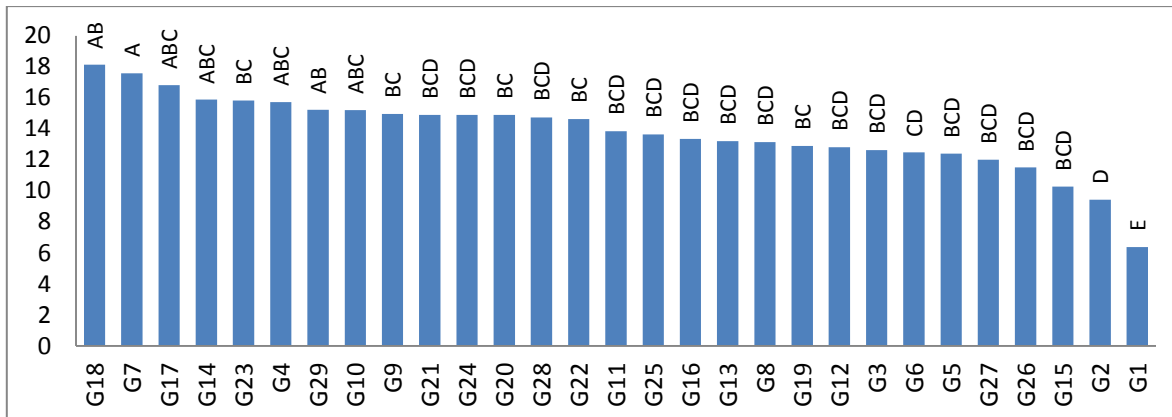
**Figura 2.** Área bajo la curva del progreso de la enfermedad de *P. infestans* en los genotipos de *C. betacea*

## **Eficiencia de Infección (EI)**

Para la variable eficiencia de infección, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos evaluados ( $p < 0.05$ ) (Tabla 4). En la prueba de comparación de medias LSD se destaca los genotipos G1, G4, G6 y G15 (Figura 3; Anexo A) los cuales presentan los valores más bajos para esta variable con un valor promedio de 59% de infección positiva (Fig. 3), dentro de estos se destaca el genotipo G1 que presentó el valor más bajo con un 39% de respuestas positivas situación que coincide con los valores bajos reportados para las variables AUDPC y tamaño de lesión. Por el contrario los 25 genotipos restantes presentaron un promedio para eficiencia de infección de 89%, del grupo se destacan los genotipos G9, G11, G20, G23 y G26 los cuales mostraron los valores más altos con un 100% de respuestas positivas.

Estos porcentajes de infección indican posiblemente una alta susceptibilidad de la planta frente al ataque del patógeno, lo que se debe probablemente a que existe una interacción compatible (genotipo susceptible, patógeno virulento), en la cual la planta no posee un genes de resistencia para contrarrestar a cierto patógeno virulento por lo cual el reconocimiento no se lleva a cabo, la planta no activa una eficiente respuesta de defensa permitiendo la penetración, invasión y multiplicación del patógeno en sus tejidos, produciendo la sintomatología del patógeno (De Wit, 1997, Stange *et al*, 2007), esto puede estar asociado a factores como como la calidad nutricional, elementos estructurales, cargas enzimáticas, entre otras (Sañudo *et. al*, 2003). De este modo es importante destacar el comportamiento de los genotipos G1, G4, G6 y G15 que probablemente manifestaron sistemas de defensa preexistentes, que interactuaron con el sistema de ataque del patógeno, permitiendo así que el desarrollo de la enfermedad fuera moderadamente bajo (Colligne *et. al*, 2001).

La importancia de este parámetro es destacado por Lebrenton *et al* (1999) y Carlisle *et al* (2002) para estimar el nivel de susceptibilidad, estos reportes son consistentes con los resultados obtenidos en este estudio, siendo este uno de los parámetros determinantes.



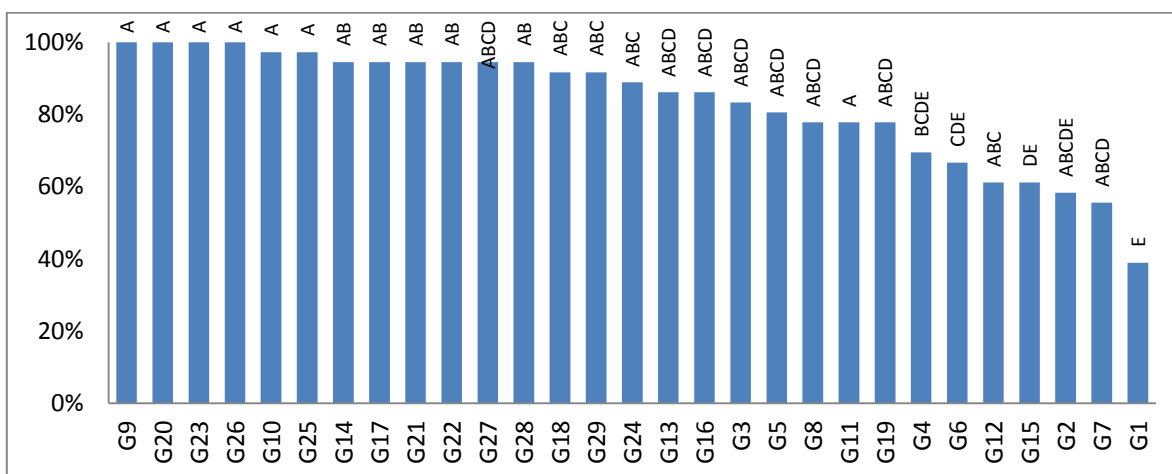
**Figura 3.** Prueba de significancia de medias LSD de Fisher para la variable Eficiencia de Infección.

### Tamaño de Lesión (TL)

Para esta variable el análisis se encontraron diferencias significativas entre los genotipos evaluados ( $p > 0.05$ ) (Tabla. 4). La prueba de comparación de medias LSD mostró que el genotipo G1 difiere de los demás (Figura 4; Anexo B) presentando el área más pequeña afectada al décimo día de evaluación con un área en promedio de  $6.38 \text{ cm}^2$ , lo que se debe posiblemente a la presencia de un gen R específico produciendo una reacción incompatible, la planta activa sus mecanismos de defensa efectivos llevando a cabo el reconocimiento del patógeno, impidiendo su penetración, invasión y multiplicación, lo que se manifiesta como resistencia (Stange et al, 2007). Este valor coincide con los reportados para la variable AUDPC y EI. Los demás genotipos no presentaron diferencias estadísticas, como promedio presentaron una área de  $14.037 \text{ cm}^2$  y el genotipo con el valor más alto fue G18 con  $18.139 \text{ cm}^2$  (Fig.4) donde fue evidente el gran tamaño de las lesiones lo que se debe posiblemente a una interacción compatible como reporta Vlesshouwers *et al* (1999) quien afirma que la necrosis desarrollada por una interacción compatible es más rápida y de mayor tamaño.

Resultados similares encontraron Ries *et al.* (2002) quienes estudiaron el estado y factores epidemiológicos sobre poblaciones de *P. infestans* en Brasil, determinando que los componentes epidemiológicos son específicos de los huéspedes, dado que observaron valores significativos para los parámetros tamaño de lesión y eficiencia de infección.

Además, Gabriel *et al.* (2011) al igual que Vlesshouwers *et al.* (1999) mencionan que se ha demostrado que los parámetros de resistencia como el tamaño de lesión pueden dar información valiosa sobre la resistencia genética de los genotipos evaluados.



**Figura 4.** Prueba de significancia de medias LSD de Fisher para la variable Tamaño de Lesión.

**Tabla 4.** ANDEVA combinado para las variables AUDPC, EI y TL (Datos transformados según la formula  $Y = \log X$ )

Fuente	GL	AUDPC		EI		TL	
		Cuadrado Medio	p-valor	Cuadrado Medio	p-valor	Cuadrado Medio	p-valor
Modelo	29	0.0885	<0.0001	0.0451	0.0148	0.0509	0.0003
Genotipo	28	0.0614	0.0019	0.0391	0.046	0.0422	0.0027
Repetición	2	0.4686	<0.0001	0.1292	0.006	0.1719	0.0002
Error	56						
Total	86						

Variables: Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC), eficiencia de infección (EI) y tamaño de lesión (TL).

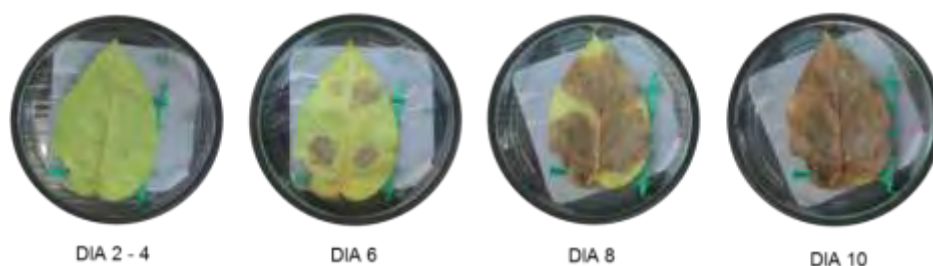
### **Tasa de Esporulaci3n (TS).**

El an3lisis de varianza no mostr3 diferencias significativas para la variable tasa de esporulaci3n ( $p > 0.05$ ). Los datos oscilaron entre 16.271,62 esporangios/cm<sup>2</sup> y 61.448,87 esporangios/cm<sup>2</sup> para los genotipos G14 y G15, respectivamente. En general se present3 una tasa de esporulaci3n promedio de 29.027,18 esporangios/cm<sup>2</sup>. El hecho de no encontrar diferencias entre las tasas de esporulaci3n se debe probablemente a que el ensayo no present3 las condiciones 3ptimas para la esporulaci3n como las describe Castaño (1996) afirmando que las condiciones ideales para la producci3n de esporangios son humedad relativa alrededor del 80%, temperaturas que oscilan entre 16 y 22 °C. Erwin y Ribeiro (1996) afirman que el desarrollo y producci3n de esporangios se ve afectado por factores como son la humedad, la tensi3n de ox3geno, la luz, la temperatura del d3a tanto como de la noche y la nutrici3n. Sin embargo el micelio es capaz de vivir de forma saprofita sobre materia org3nica asegurando la invasi3n del tejido vegetal. Resultados similares encontraron Ries *et al.* (2002) en papa quienes afirman que los factores como la temperatura afecta los componentes epidemiol3gicos como la producci3n de esporangios, lo que indica que posiblemente debido a que esta investigaci3n se realiz3 bajo condiciones ambientales controladas las tasas de esporulaci3n entre genotipos fueron semejantes.

Adem3s, no se encontr3 una relaci3n directa entre esporulaci3n y el 3rea de tejido afectado, los aislamientos que presentaron poca esporulaci3n causaron un mayor daño al tejido, mientras que en 3reas pequeñas de tejido afectado se registr3 una alta tasa de esporulaci3n, resultados similares encontraron Mar3n y Mira (1998) en estudios realizados en papa y pepino. Lo que se justifica con lo que proponen Agrios (2004), Niks & Lindhout (2004) y Sañudo & Betancourth (2005) quienes afirman que el contacto del pat3geno con el hospedante no se limita solo a la reproducci3n de *P. infestans* despu3s de su establecimiento, sino a la cantidad de infecci3n que produce con la presencia de daños o s3ntomas por unidad de pat3geno presente.

### Periodo de Incubación (PI)

El periodo de incubación estuvo comprendido desde la hoja sin evidencia de lesiones seguido de la presencia de manchas necróticas de aproximadamente 4cm<sup>2</sup> al quinto día, hasta la necrosis casi total de las hojas en el octavo y décimo día (Fig. 5). Resultados similares reporta el grupo Genética y Evolución de Organismos Tropicales – GENPAT (2011) quienes observaron la presencia de síntomas visibles al cuarto y quinto día después de la infección en genotipos de tomate de árbol. Estos resultados muestran que la cepa más agresiva infecta la hoja rápidamente, causando necrosis en corto tiempo después del periodo de incubación e invaden casi completamente la hoja para el caso de los genotipos más susceptibles.



**Figura 5.** Desarrollo de la infección provocada por la cepa N9035 de *Phytophthora infestans* sobre el genotipo G18 de tomate de árbol (*S. esculentum*)

En conclusión, el genotipo G1 exhibió el mejor comportamiento en este estudio presentando valores bajos para las variables AUDPC, eficiencia de infección y tamaño de lesión, lo que refleja un comportamiento tolerante frente a *P. infestans* del mismo modo este genotipo mostró un comportamiento sobresaliente en un estudio realizado por Benavides (2012) donde el genotipo en cuestión se destacó en variables que reflejan un buen comportamiento agronómico y productivo destacando la variable número de frutos por racimo. Por otra parte Valencia *et al.* (2011), afirma que este genotipo se caracteriza por alto su porcentaje de ácido cítrico (3,64%) y sugieren que este porcentaje de ácido cítrico presente en los frutos es una característica de vital importancia para el sector agroindustrial, ya que facilita la obtención de productos elaborados con valor agregado como mermeladas y conservas a costos reducidos, además de que lo destacan por presentar menor tamaño de exocarpo y más mesocarpo.

## **CONCLUSIONES**

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se pudo observar que los genotipos presentaron diferentes comportamientos frente al ataque de la cepa N9035 de *P. infestans*, a diferencia de la cepa P9153 con la cual los genotipos no difirieron entre sí.

El genotipo G1 se identificó como un genotipo potencial para usarse en el mejoramiento de la especie por su tolerancia a *P. infestans*.

## **RECOMENDACIONES**

Se sugiere llevar a cabo una evaluación detallada en campo que permita corroborar la tolerancia del genotipo G1 frente al ataque de *P. infestans*.

Realizar estudios genéticos para determinar los genes de tolerancia del genotipo G1, para transferencia de los mismos a través mejoramiento genético de la especie.

Realizar un estudio del comportamiento agronómico del genotipo G1 para posibles programas de mejoramiento.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Grupo Genética y Evolución de Organismos Tropicales – GENPAT por todo el apoyo y colaboración prestada, al Grupo de Investigación en Producción de Frutales Andinos – GPFA y Vicerrectoría de Investigaciones, Posgrados y Relaciones Internacionales – VIPRI, por la financiación de esta investigación.

Ms. Sandra Lorena Álvarez Ordoñez y Dr. Hernando Criollo Escobar. Presidentes de trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa de Ingeniería Agronómica. Universidad de Nariño. Pasto – Colombia. 2016.

Luis Alfredo Molina y Carlos Andrés Benavides. Jurados de trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa de Ingeniería Agronómica. Universidad de Nariño. Pasto – Colombia. 2016.

### **BIBLIOGRAFIA**

AGRONET. 2014. Encuesta Nacional Agropecuaria. En: <http://www.agronet.gov.co/Paginas/estadisticas.aspx>. Consulta: Febrero 2016.

Andreoni, M. A., 1997. Resistencia Horizontal a Tizón Tardío en tres especies silvestres diploides sudamericanas de papa. Tesis M.S. Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias, Unidad Integrada Balcarce, Argentina. 61 p.

Arturo, J. Goyes, F. 2003. Caracterización biológica de un virus en tomate de árbol (*Solaum betaceum*) presente en el departamento de Nariño. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. Pasto. 73 p.

Benavides, C. A., 2012. Evaluación de 40 genotipos de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt) en la zona de Nariño. Tesis M.S. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto. 99 p.

Carlisle, D. Cooke, L. Watson, S. Brown, A. 2002. Foliar aggressiveness of Northern Ireland isolates of *Phytophthora infestans* on detached leaflets of three potato cultivars. Plant Pathology. 51:424-434.



Colligne, DB. Gregersen, P. Thordal-Christensen, H. 1994. The induction of gene expression in response to pathogenic microbes. In Mechanisms of plant growth and improved productivity, Modern approaches. Ed. New York, Marcel Dekker. 433 p.

Colon, L. 1994. Resistance to *Phytophthora infestans* in *Solanum tuberosum* and wild *Solanum* species. Tesis. Wageningen Agricultural University. Netherlands. 161 p.

Heath, M C. 2000. Hypersensitive response-related death. Plant Molecular Biology 44:321–334.

De Wit, P. 1997. Pathogen avirulence and plant resistance: a key role for recognition. Trends in Plant Science 2: 452 – 458

Diaz, M. Fajardo, D. Moreno, J. Garcia, C. Nuñez, V. 2003. Identificación de Genes R1 y R2 que confieren resistencia a *Phytophthora infestans* en genotipos colombianos de papa. Revista colombiana de biotecnología. 5 (2).

Fry, W. 1978. Quantification of general resistance of potato cultivars and fungicide effects for integrated control of potato late blight. Phytopathology 68:1650–1655.

Gabriel, J. Fernandez, S. Plata, G. Siles, M. 2011 Niveles de resistencia al tizon tardío en clones de papa del Centro Internacional de la Papa (CIP) evaluados en Bolivia. Revista Internacional de la papa. 16 (1).

Jaramillo, S. 2003. Monografía sobre *Phytophthora infestans* Mont. De Bary. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 137 p.

Chacon, M. Andrade, J. Gessler, C. Forbes, G. 2007. Aggressiveness of *Phytophthora infestans* and phenotypic analysis of resistance in wild Potato accessions in Ecuador. Plant Pathology 56, 549–561

Grünwald, N. Flier, W. 2005. The biology of *Phytophthora infestans* at its centre of origin. *Annual Review of Phytopathology* 43, 171–190.

GENPAT - Grupo Genética y Evolución de Organismos Tropicales . 2011. Caracterización genética y fenotípica de las poblaciones de *Phytophthora infestans* procedentes de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) en las zonas productoras del sur de Colombia. Informe presentado al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 193p.

Heath, M C. 2000. Hypersensitive response-related death. *Plant Molecular Biology* 44:321-334.

Hutcheson, SW. 1998. Current concepts of active defense in plants. *Annual Review of Phytopathology* 36:59-90.

Lagos, T. Checa, O. Bacca, R. Vélez, J. Benavides, C. Betancourth, C. Lagos, L. Portilla, A. 2012. Principales problemas sanitarios en el cultivo de tomate de árbol *Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt. en el departamento de Nariño. p. 5.

Lebreton, L. Lucas, J. Andrivon, D. 1999. Aggressiveness and competitive fitness of *Phytophthora infestans* isolates collected from potato and tomato in France, *Phytopathology* 88: 190-197.

Lobo, M. 2002. Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), frutal promisorio para la diversificación del agro andino. Informe. Corpoica c.i. La selva, Rio Negro, Antioquia. Programa de recursos genéticos y biotecnología vegetal.

Lobo, M. 2006. Recursos genéticos y mejoramiento de frutales andinos: una visión conceptual. *Revista de la corporación colombiana de investigación agropecuaria (CORPOICA)*. 7 (2):134

Marín, M. Mira, J. 1998. Caracterización de razas fisiológicas y tipo de apareamiento en aislamientos de *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary, en diferentes pisos térmicos y hospedantes en el departamento de Antioquia. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.

Niks, R. Lindhout, W. 2004. Curso sobre mejoramiento para resistencia a enfermedades y plagas. Plant Breeding. Wageningen University. Wageningen. 216 p.

Portilla, A. Salas, H. 2007. Evaluación de la reacción de genotipos de papa *Solanum tuberosum* al ataque de *Phytophthora infestans* causante de gota. Trabajo de grado de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. Pasto. 121 p.

Ries, A. Dias, N. Maziero, J. Maffia, L. Mitzubuti, E. 2002. *Phytophthora infestans* Populations in Brazil: Current Status and Epidemiological Features.

Saldarriaga, A. Bernal, J. Tamayo, P. 1997. Enfermedad del cultivo del tomate de árbol en Antioquia: Guía de reconocimiento y control. Boletín técnico. 43 p.

Sañudo, B; Arteaga, M. y Vallejo, W. 2003. Fundamentos de micología. Universidad de Nariño. Pasto. 201p.

Sañudo, B. Betancourth, C. 2005. Fundamentos de Fitomejoramiento. Universidad de Nariño. Pasto. 131 p.

Shaner, G. Finney, R. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow mildewing resistance in Knox wheat. 67: 1057-1056

Stange, C. Briceño, E. Latorre, B. Arce, P. 2007. Interacción Planta Patógeno. Universidad de la Serena. La Serena, Chile. 20 p.

Suassuna, N. Maffia, L. Mizubuti, E. 2004. Aggressiveness and host specificity of Brazilian isolates of *Phytophthora infestans*. Plant Pathology. 53:405-413

Tafur, R. 2006. Propuesta frutícola para Colombia y su impacto en la actividad económica, nacional, regional y departamental. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. Memorias Primer Congreso Colombiano de Horticultura. 240p.

Valencia, R. Torres, O. Benavides, C. Checa, O. Lagos, T. 2011. Caracterización morfológica e la colección de *Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt. de la Universidad de Nariño. Revista de ciencias agrarias. 30 (1): 12 - 25

Vlesshouwers, V.G.A.A.; van Dooijeweer, W.; Keizer, LC.P.; Sijpkens. L. 1999. A Laboratory Assay for *Phytophthora infestans* resistance in varies *Solanum* species reflects the field situation. European Journal of Plant Pathology. 105:241-250. Netherlands Holland.

## ANEXOS

**Anexo A.** Prueba de significancia de medias LSD de Fisher para Eficiencia de Infección.  
(Datos transformados según la fórmula  $y = \log X$ )

Media	N	Genotipo	Agrupamiento					
0.0000	3	G9	A					
0.0000	3	G26	A					
0.0000	3	G11	A					
0.0000	3	G20	A					
0.0000	3	G23	A					
-0.0121	3	G10	A					
-0.0121	3	G25	A					
-0.0241	3	G14	A	B				
-0.0241	3	G21	A	B				
-0.0270	3	G28	A	B				
-0.0270	3	G17	A	B				
-0.0270	3	G22	A	B				
-0.0390	3	G18	A	B	C			
-0.0398	3	G12	A	B	C			
-0.4160	3	G29	A	B	C			
-0.5370	3	G24	A	B	C			
-0.0686	3	G16	A	B	C	D		
-0.0700	3	G13	A	B	C	D		
-0.0849	3	G7	A	B	C	D		
-0.0909	3	G3	A	B	C	D		
-0.0909	3	G5	A	B	C	D		
-0.1117	3	G27	A	B	C	D		
-0.1179	3	G19	A	B	C	D		
-0.1605	3	G8	A	B	C	D		
-0.2372	3	G2	A	B	C	D	E	
-0.2686	3	G4		B	C	D	E	
-0.2835	3	G6			C	D	E	
-0.3145	3	G15				D	E	
-0.4572	3	G1					E	

Valores promedios seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa (Significancia al 0.05%)

**Anexo B.** Prueba de significancia de medias LSD de Fisher para Tamaño de Lesión. (Datos transformados según la fórmula  $y = \log X$ )

<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Genotipo</b>	<b>Agrupamiento</b>
1.3831	3	G7	A
1.2481	3	G29	A B
1.2426	3	G18	A B
1.2274	3	G14	A B C
1.2176	3	G17	A B C
1.2027	3	G10	A B C
1.1775	3	G4	A B C
1.1646	3	G19	B C
1.164	3	G22	B C
1.1626	3	G9	B C
1.1603	3	G20	B C
1.1586	3	G23	B C
1.1483	3	G13	B C D
1.1443	3	G21	B C D
1.1384	3	G28	B C D
1.1345	3	G24	B C D
1.1171	3	G25	B C D
1.1149	3	G3	B C D
1.1048	3	G11	B C D
1.0935	3	G16	B C D
1.0768	3	G12	B C D
1.0748	3	G27	B C D
1.0582	3	G8	B C D
1.0579	3	G5	B C D
1.0384	3	G15	B C D
1.0379	3	G26	B C D
1.0254	3	G6	C D
0.9411	3	G2	D
0.69	3	G1	E

Valores promedios seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa (Significancia al 0.05%)